

# Pengaruh Teknik Penyerbukan Terhadap Pembentukan Buah Naga (*Hylocereus polyrizhus*)

## [The Effect of Pollination Technique to Fruit Development of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrizhus*)]

Ni Luh Putu Indriyani<sup>1)</sup> dan Hardiyanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Jln. Raya Solok -Aripan Km 8, Solok, Sumatera Barat, Indonesia 27301

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Jln. Tentara Pelajar No. 3C, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16111  
E-mail : nlp\_indriyani@yahoo.co.id

Diterima: 12 Desember 2017; direvisi: 6 Maret 2018; diterbitkan: 6 Juni 2018;

**ABSTRAK.** Bunga tanaman buah naga berukuran besar dan merupakan bunga hermaprodit yang mekar pada malam hari. Penyerbukan silang pada buah naga dapat terjadi dengan bantuan angin, serangga polinator maupun manusia. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik penyerbukan bunga betina terhadap pembuahan buah naga (*Hylocereus polyrizhus*). Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Aripan, Balai Penelitian Tanaman Tropika pada bulan Agustus sampai September 2014. Perlakuan terdiri atas: (A) penyerbukan secara alami (kontrol), (B) penyerbukan sendiri melalui isolasi bunga dengan kantong kertas minyak, (C) penyerbukan dengan mengisolasi bunga menggunakan kantong kertas minyak saat mekar pada malam hari dibantu dengan memberikan serbuk sari dari bunganya sendiri dan diisolasi kembali, dan (D) penyerbukan bunga yang didahului dengan kastrasi dan isolasi menggunakan kantong kertas minyak serta polinasi pada malam hari dan selanjutnya bunga diisolasi kembali. Setiap perlakuan terdiri atas 37 bunga tanaman buah naga. Analisis data dilakukan menggunakan uji t berpasangan pada taraf 0,05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik penyerbukan yang berbeda pada tanaman buah naga menghasilkan kelas buah yang berbeda. Persentase buah dengan kelas super tertinggi diperoleh pada penyerbukan secara alami (kontrol), meskipun persentase jadi buah paling kecil. Implikasi dari hasil penelitian ini adalah bahwa penyerbukan pada buah naga sebaiknya dilakukan secara alami tanpa menggunakan bantuan manusia.

Kata kunci: Buah naga; Penyerbukan; Pembuahan; *Self compatible*

**ABSTRACT.** The flower size of dragon fruit plants is large and a hermaphroditic nocturnal flowers. Cross pollination of the dragon fruit plants occurs because of the wind, pollinator, and humans. The aim of the research was to determine the effect of pollination technique on fertilization of dragon fruit flowers (*Hylocereus polyrizhus*). This research was conducted at Aripan Experimental Field, Indonesian Tropical Fruit Research Institute (ITFRI) from August to September 2014. The treatments consisted of: (A) natural open pollination (control), (B) the flowers were isolated with paper bags and allowed to self pollination, (C) the flowers were isolated with paper bag and hand self pollinated when flowers were blooming in the evening. Furthermore all pollinated flowers were isolated with paper bag again (*hand self pollination*), and (D) the flowers were castrated and emasculated then they were isolated with paper bag. Cross pollination was done with pollen from the other plants. The all pollinated flowers were isolated with paper bag again (*hand cross pollination*). Each treatment consisted of 37 flowers of dragon fruit plants. Data were analyzed by using paired t test 0.05. The results showed that different of pollination techniques on dragon fruit plants were produced of different fruit grade. Percentage of superior grade on natural open pollination higher than the other treatment, even though the open pollination had smallest of percentage of fruit set. The implication of this research is that the dragon fruit flower pollination may be done naturally without human assistance.

Keywords: Dragon fruit (*Hylocereus polyrizhus*); Pollination; Fruit development; *Self compatible*

Buah naga yang dikenal juga dengan sebutan *pitaya* atau *pitahaya* merupakan komoditas buah dengan warna yang menarik (Adnan, Osman & Abdul Hamid 2011), rasa enak (Castellar, Ozon & Fernandez-Lopez 2006), kaya nutrisi (Wybraniec *et al.* 2007), dapat memperlambat penuaan (Lim *et al.* 2012; Zhuang, Zhang & Sun 2012), dan mencegah penyakit kanker (Yusof *et al.* 2012). Dalam 100 g daging buah naga mengandung kalsium 6,3–8,8 mg, posfor 30,2–36,1 mg, zat besi 0,5–0,61 mg, dan vitamin C 8–9 mg (Taiwan Food Industry Development and Research Authorities 2005 in Islam *et al.* 2012).

Buah naga berasal dari kawasan hutan tropis dan subtropis Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika

Selatan (Mizrahi, Nerd & Nobel 1997). Buah ini mempunyai daerah sebaran yang luas di wilayah tropis maupun subtropis. Tanaman buah naga tahan terhadap kekeringan sehingga berpotensi untuk pengembangan hortikultura, khususnya di daerah kering yang merupakan faktor pembatas untuk produksi jenis buah yang lain (Choo & Yong 2011; Garcia & Chance 2008; Yusof *et al.* 2012).

Tanaman buah naga termasuk ke dalam kelompok tanaman kaktus atau famili *Cactaceae* dan genus *Hylocereus* (A. Berger) Britton & Rose. Spesies *Hylocereus* dapat dibedakan berdasarkan morfologi buah, warna daging buah, karakter *areole*, dan jumlah serta bentuk duri (Ortiz-Hernandez & Carrilo-Salazar

2012). Kebanyakan tanaman buah naga yang ditanam di seluruh dunia merupakan buah naga berdaging buah putih (*H. undatus*), buah naga berdaging buah merah (*H. polyrhizus*, syn *H. monacanthus*), buah naga berdaging buah super merah (*H. costaricensis*), dan buah naga berkulit kuning berdaging buah putih (*Selenicereus megalanthus* (Schum.) Britt & Rose) (Nerd & Mizrahi 1997; Lichtenzvieg *et al.* 2000; Tel-Zur *et al.* 2011 2004; Le Bellec, Vaillant & Imbert 2006).

Bunga buah naga mempunyai banyak benang sari yang tersusun berlapis dan putik dengan tangkai panjang dan kepala putik yang bercabang banyak. Bunga mekar pada malam hari dan bunga mekar sempurna dalam waktu singkat (Almeida, Cata-Sqnchez & Paolia 2013; Grimaldo *et al.* 2007). Penyerbukan umumnya dilakukan oleh serangga polinator yang aktif pada malam hari untuk mencari nektar (Kishore 2016).

Banyak varietas tidak dapat menghasilkan buah dengan penyerbukan sendiri (*self incompatible*) sehingga bunga perlu diserbuki dengan serbuk sari dari klon atau spesies lain untuk membentuk buah. *Hand pollination* diperlukan oleh varietas yang bersifat *self compatible* untuk memperoleh buah dengan berat yang tepat (Merten 2003). *Hylocereus polyrhizus* dan *H. costaricensis* bersifat *self incompatible* dan penyerbukan silang dengan spesies lain menghasilkan *fruit set* dengan peluang yang tinggi (100%). *Hylocereus undatus* dilaporkan mempunyai sifat *self compatible*, tetapi dengan *partial self fruitfulness* (*fruit set* antara 50–80%). *Fruit set* pada *S. megalanthus* dapat terjadi melalui penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang (antarklon) (Weiss, Nerd & Mizrahi 1994).

Di Meksiko, *H. undatus* menghasilkan *fruit set* paling tinggi pada *open pollination* maupun *unmanipulated self pollination* (Banuet *et al.* 2007). Selanjutnya, Weiss, Nerd & Mizrahi (1994) menyatakan bahwa *S. megalanthus* dapat membentuk buah tanpa adanya keterlibatan serangga polinator meskipun pembentukan buah lebih sedikit jika dibandingkan dengan penyerbukan yang dibantu manusia (*hand pollination*). Pada spesies *Hylocereus* yang bersifat *self fruitful*, buah yang dihasilkan dari *hand cross pollination* dengan *Hylocereus* spp. lainnya lebih berat dibandingkan dengan buah yang dihasilkan dari *hand self pollination*. Pada *Hylocereus* spp., *fruit set* dan berat buah pada *open pollination* lebih rendah dibandingkan dengan *hand pollination*. Karena daya penerimaan putik dan perkecambahan serbuk sari tetap tinggi selama anthesis maka keefektifan penyerbukan menjadi rendah berkaitan dengan faktor

lain, seperti kunjungan yang singkat dari polinator dan ketiadaan adaptasi khusus dari lebah pada bunga. Pada *S. megalanthus*, penyerbukan terbuka (*open pollination*) dan *hand pollination* menghasilkan *fruit set* dan berat buah yang sama. Kemungkinan hal ini disebabkan karena transfer serbuk sari ke kepala putik pada penyerbukan terbuka terjadi karena adanya kunjungan lebah dan kontak fisik antara kotak sari dan kepala putik pada saat penutupan bunga.

Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh teknik penyerbukan pada bunga betina terhadap pembuahan buah naga (*H. polyrhizus*). Hipotesis yang diajukan adalah bahwa teknik penyerbukan yang berbeda akan menyebabkan perbedaan kelas buah yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

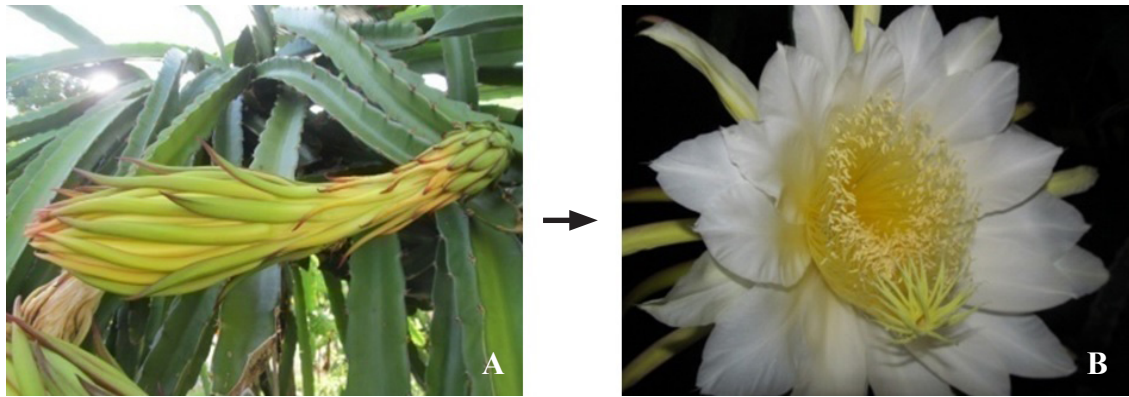
### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan bulan September 2014 di Kebun Percobaan Arian, Balai Penelitian Tanaman Tropika (Balitbu Tropika), Solok, Sumatera Barat. Jenis buah naga yang digunakan, yaitu buah naga berdaging buah merah (*H. polyrhizus*) yang ditanam dengan jarak 3 m x 4 m. Alat yang digunakan, yaitu meteran kain, timbangan, tustel, kantung kertas minyak, dan alat tulis kantor. Pemeliharaan tanaman meliputi pengairan, pemupukan, pemangkasan dan pengendalian hama/penyakit.

Penelitian menggunakan empat perlakuan teknik penyerbukan, yaitu:

- Penyerbukan secara alami (kontrol).
- Penyerbukan sendiri melalui isolasi bunga dengan kantung kertas minyak (*self pollination*).
- Penyerbukan dengan mengisolasi bunga menggunakan kantung kertas minyak saat mekar pada malam hari dibantu dengan memberikan serbuk sari dari bunganya sendiri dan diisolasi kembali (*hand self pollination*).
- Penyerbukan bunga yang didahului dengan kastrasi dan isolasi menggunakan kantung kertas minyak serta polinasi pada malam hari dan selanjutnya bunga diisolasi kembali (*hand cross pollination*).

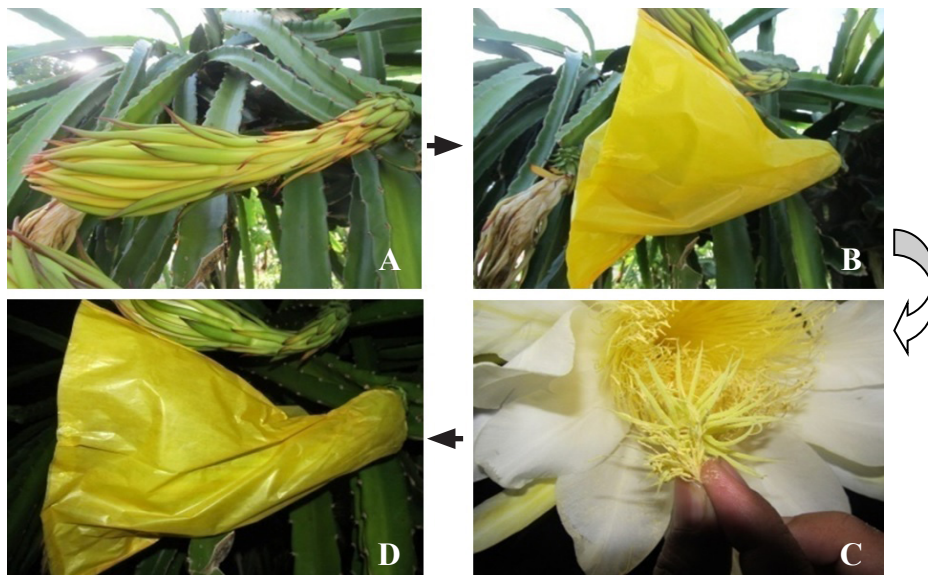
Perlakuan diterapkan pada saat yang sama pada bunga yang akan mekar pada malam hari. Masing-masing perlakuan terdiri atas 37 bunga buah naga.



**Gambar 1.** Perlakuan A(kontrol). Bunga buah naga yang akan mekar pada malam hari (a) dan dibiarkan mekar tanpa perlakuan apapun (b) [*Treatment A (control). The flower of dragon fruit will be blooming at the evening (a) and followed to blooming without anything treatment (b)*]

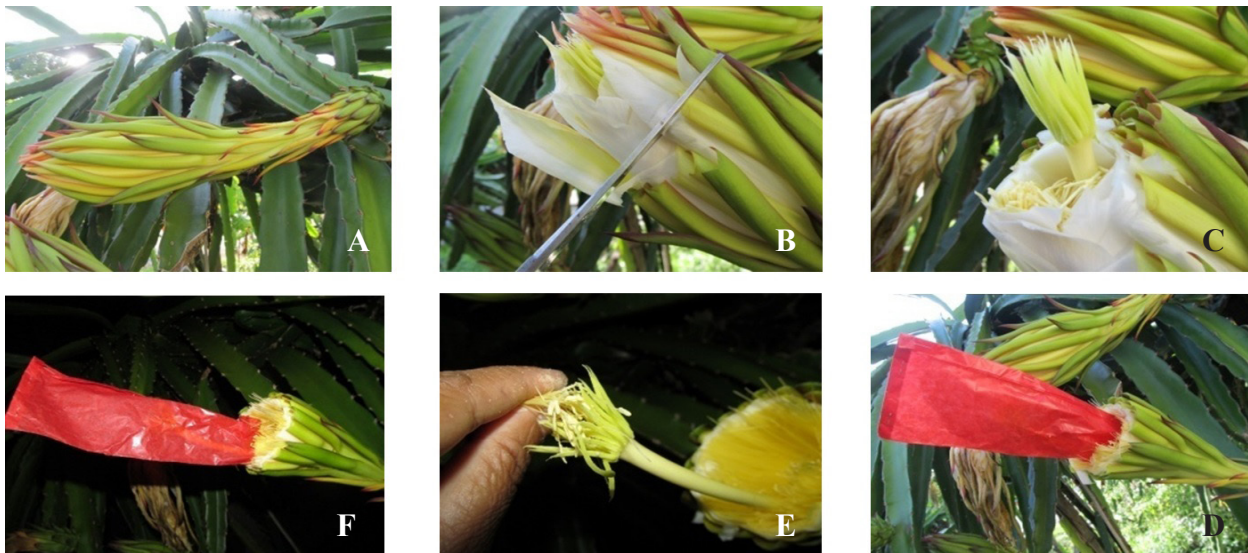


**Gambar 2.** Perlakuan B : Bunga buah naga yang akan mekar pada malam hari (a), diisolasi dengan kantong kertas minyak pada sore hari (b) dan dibiarkan menyerbuk sendiri (c) [*Treatment B: The flower of dragon fruit will be blooming at the evening (a), that flower was isolated by paper bag at the afternoon (b), and followed to self pollination (c)*]



**Gambar 3.** Perlakuan C. Bunga buah naga yang akan mekar pada malam hari (a), bunga diisolasi dengan kantong kertas minyak pada sore hari (b), penyerbukan dilakukan pada malam hari (c), dan bunga diisolasi kembali dengan kantong kertas minyak (d) [*Treatment C: The flower of dragon fruit will be blooming at the evening (a), that flower was isolated by paper bag at the afternoon (b), hand self pollination was done when flower bloom in the evening (c), and that flowers were isolated with paper bag again (d)*]





**Gambar 4.** Perlakuan D. Bunga buah naga yang akan mekar pada malam hari (a), bunga dikastrasi dan diemaskulasi pada sore hari (b, c), bunga diisolasi dengan kantung kertas minyak (d), penyerbukan dilakukan pada malam hari dengan serbuk sari dari tanaman lain yang sejenis (e) dan selanjutnya diisolasi kembali dengan kantung kertas minyak (f) [*Treatment D: The flower of dragon fruit will be blooming at the evening (a), the flower was castrated and emasculated at the afternoon (b, c), that flower was isolated with paper bag (d), cross pollination was done with pollen from the other plants, (e) and that flowers were isolated with paper bag again*]

Bunga yang akan mekar pada malam hari ditandai dengan merekahnya ujung kelopak bunga sehingga terlihat mahkota bunga yang berwarna putih. Panen buah dilakukan pada saat kulit buah telah berwarna merah secara keseluruhan (30 hari setelah perlakuan).

#### Parameter Pengamatan

Peubah yang diamati, yaitu *fruit set* (buah jadi), lingkaran buah, berat buah, dan kualitas buah.

- Fruit set* diamati dengan interval 5 hari sampai buah dipanen.

Persentase *fruit set* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Jumlah buah yang terbentuk}}{\text{Jumlah sampel bunga}} \times 100\%$$

- Lingkar buah (cm) diukur dengan menggunakan meteran kain dan dilakukan 5 hari setelah bunga mekar dan selanjutnya dilakukan dengan interval 5 hari sampai buah dipanen.
- Berat buah (g) diukur dengan menggunakan timbangan pada saat panen.
- Kualitas buah dikelompokkan berdasarkan berat buah. Berat buah dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu: super (> 500 g), A (> 400–500 g), B

(>300–400 g) dan C (200–300 g) (Anonymous 2014).

#### Analisis Data

Analisis data menggunakan uji t berpasangan pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Fruit Set*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase buah jadi menurun selama periode pascafertilisasi (Tabel 1). Semua perlakuan penyerbukan dapat menghasilkan buah dengan persentase mencapai 83,78–97,30%. Tingginya *fruit set* pada semua perlakuan penyerbukan mengindikasikan bahwa *H. polyrizhus* yang digunakan sepenuhnya bersifat *self compatible*. Hal ini juga dikuatkan oleh *fruit set* pada *self pollination* yang mencapai 97,3%. Dinh Ha & Chung-Ruey (2014) memperoleh hasil yang berbeda pada klon Orejona yang termasuk dalam spesies *H. polyrizhus*. Klon Orejona yang diperlakukan dengan berbagai perlakuan penyerbukan menunjukkan bahwa klon Orejona bersifat *self incompatible*. Hasil berbeda juga diperoleh pada klon-klon yang termasuk dalam *Hylocereus* spp., klon F11 bersifat *self incompatible*, sedangkan Chaozhou 5 bersifat *partial self compatible*.

**Tabel 1. Pengaruh penyerbukan terhadap *fruit set* buah naga (%) [The effect of pollination on fruit set of dragon fruit (%)]**

Perlakuan ( <i>Treatments</i> )	Umur setelah mekar ( <i>Age after blooming</i> ), hari ( <i>days</i> )						
	0	5	10	15	20	25	30
<i>Open pollination</i>	100,00	86,49	83,78	83,78	83,78	83,78	83,78
<i>Self pollination</i>	100,00	100,00	97,30	97,30	97,30	97,30	97,30
<i>Hand self pollination</i>	100,00	97,30	97,30	97,30	97,30	97,30	97,30
<i>Hand cross pollination</i>	100,00	91,89	89,19	89,19	89,19	89,19	89,19

**Tabel 2. Pengaruh penyerbukan terhadap lingkaran buah (cm) [The effect of pollination on fruit circumference (cm)]**

Perlakuan ( <i>Treatments</i> )	Umur ( <i>Age</i> ), hari setelah mekar ( <i>days after blooming</i> )					
	5	10	15	20	25	30 (panen)
<i>Open pollination</i>	13,89	19,21	23,19	25,68	27,82	30,49 b
<i>Self pollination</i>	13,51	17,83	21,04	23,09	24,38	26,58 a
<i>Hand self pollination</i>	14,03	19,46	22,92	25,35	27,07	30,17 b
<i>Hand cross pollination</i>	14,01	19,52	23,08	25,63	27,33	30,34 b

Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5% (*Numbers followed by same letter on the same column is not different according t 0,05 test*)

Persentase buah panen yang terendah diperoleh pada kontrol, yaitu 83,78%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena keefektifan penyerbukan rendah. Pembungaan pada buah naga biasanya terjadi secara serentak sehingga mekarnya bunga bersamaan. Dalam kondisi demikian, jika serangga polinator tidak mencukupi ataupun tidak ada angin maka kemungkinan ada bunga yang tidak diserbuki secara sempurna. Pusphakumara, Gunasena & Kariyawasam (2006) menyatakan bahwa penyerbukan bunga dari buah naga secara alami terjadi karena bantuan angin maupun serangga. Serangga penyerbuk pada buah naga, yaitu *Apis cerana*, *A. florea*, dan *A. dorsata*.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa pada semua perlakuan penyerbukan, persentase *fruit set* menurun sampai 10 hari setelah bunga mekar dan selanjutnya konstan. Menurut Le Bellec, Vaillant & Imbert (2006), bunga mekar pada malam hari dan menutup keesokan paginya setelah anthesis. Selanjutnya mahkota bunga menjadi lunak dan perlahan mengering. Bunga dari buah naga yang tidak mengalami penyerbukan akan gugur setelah 4 sampai 6 hari kemudian, sedangkan bunga yang mengalami penyerbukan tetap berwarna kehijauan dan mengalami peningkatan volume.

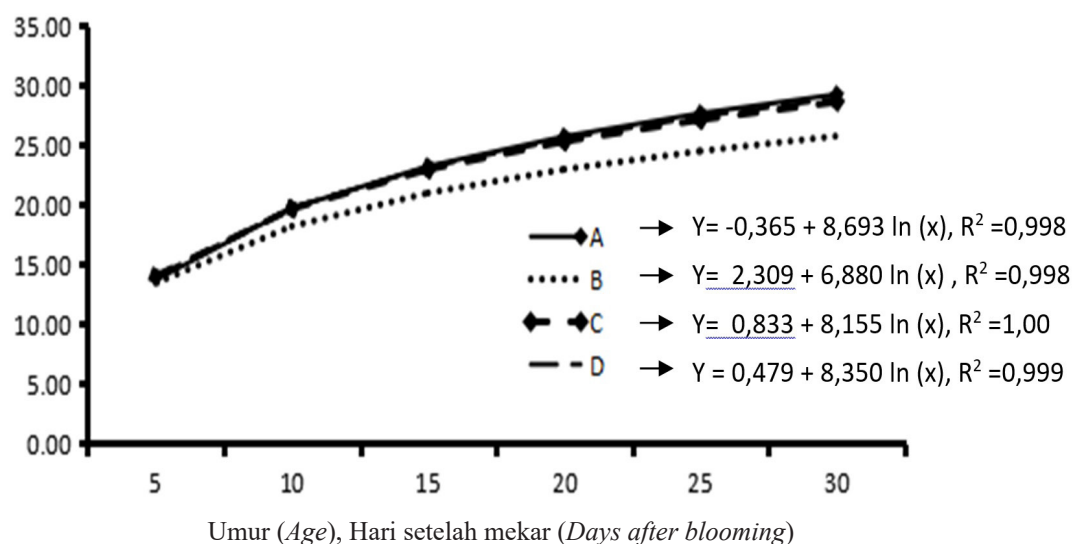
Bunga buah naga yang diisolasi dengan kantung kertas minyak yang selanjutnya dibiarkan menyerbuk sendiri dan yang dibantu penyerbukannya (perlakuan B dan C), mampu menghasilkan buah panen dengan persentase tinggi (97,3%). Persentase yang tinggi ini mengindikasikan bahwa *H. polyrhizus* mempunyai

sifat *self compatible*. Hasil ini berbeda dengan hasil yang diperoleh (Weiss, Nerd & Mizrahi 1994) bahwa *H. polyrhizus* mempunyai sifat tidak dapat menghasilkan buah dengan penyerbukan sendiri (*self incompatible*). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan karena adanya keragaman di dalam spesies *H. polyrhizus*.

### Lingkaran Buah

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan lingkaran buah dengan makin tua umur buah. Pada saat panen, lingkaran buah paling kecil pada perlakuan B, yaitu bunga yang diisolasi dengan kantung kertas minyak dan dibiarkan menyerbuk sendiri dan berbeda dengan perlakuan kontrol, C dan D, sedangkan pengaruh perlakuan kontrol, C, dan D tidak berbeda nyata.

Selanjutnya jika perkembangan lingkaran buah dan umur diregresikan maka akan terlihat grafik seperti pada Gambar 5. Perkembangan buah mengikuti pola logaritma, yaitu peningkatan lingkaran buah terbesar terjadi pada awal perkembangan buah dan selanjutnya melambat. Menurut Gillaspay, Ben-David & Gruissem (1993), perkembangan buah awal dibagi menjadi tiga fase, yaitu (1) perkembangan *ovary* dan kepastian gugur atau berlanjutnya pembelahan sel dan perkembangan buah (*fruit set*), (2) pertumbuhan buah terutama terjadinya pembelahan sel, dan (3) fase pertumbuhan buah yang terus berlanjut sampai buah mencapai ukuran akhir, sebagian besar karena ekspansi sel. Fase ini paling terlihat dan secara fisiologi nyata karena aktivitas *sink* yang kuat yang disebabkan oleh sel-sel yang meluas.



**Gambar 5.** Perkembangan lingkaran buah pada berbagai umur buah (hari setelah bunga mekar) [*The development of fruit circumference at various fruit ages (days after blooming)*]

**Tabel 3.** Pengaruh penyerbukan terhadap berat buah (g) dan persentase kelas buah naga [*The effect of pollination on fruit weight and grade percentage of dragon fruit*]

Perlakuan (Treatments)	Berat buah (Fruit weight), g	Kelas (Grade), %			
		Super	A	B	C
Open pollination	557,69 b	65,38	26,92	7,69	0
Self pollination	363,03 a	3,03	27,27	30,30	39,39
Hand self pollination	535,29 b	47,06	35,29	17,65	0
Hand cross pollination	557,58 b	54,55	36,36	9,09	0

Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5% (Numbers followed by same letter on the same column is not different according t 0,05 test)

### Berat Buah dan Kelas Buah

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa penyerbukan berpengaruh nyata terhadap berat buah naga (Tabel 3). Berat buah naga pada berbagai perlakuan berkisar antara 363,03-557,69 g. Berat buah yang terkecil ditemukan pada perlakuan B (bunga diisolasi dengan kantung kertas minyak dan dibiarkan menyerbuk sendiri) kemungkinan disebabkan oleh tidak sempurnanya penyerbukan karena keterbatasan polen ataupun posisi putik lebih tinggi dari benang sari. Hasil ini menunjukkan bahwa peran penyerbuk baik berupa angin, serangga polinator (perlakuan A) maupun manusia (perlakuan C dan D) sangat penting dalam penyerbukan dan pembentukan buah naga.

Kualitas buah naga dapat digolongkan berdasarkan kelas bobot buah. Kelas buah naga dibagi menjadi empat, yaitu super (> 500 g), A (> 400-500 g), B (>300-400 g) dan C (200-300 g) (Anonymous 2014). Kualitas buah pada masing-masing perlakuan penyerbukan disajikan pada Tabel 3. Mizrahi, Nerd & Nobel 1997; Nerd &

Nobel 1997; Weiss Nerd & Mizrahi (1994) menyatakan bahwa kualitas buah yang dihasilkan dari penyerbukan secara alami lebih rendah daripada penyerbukan silang yang dilakukan secara manual (*manual cross-pollination*). Hasil yang berbeda pada penelitian ini terjadi karena buah naga dengan kualitas super yang terbanyak diperoleh pada kontrol, diikuti oleh perlakuan D, C, dan B. Pada saat perlakuan, secara visual serangga polinator yang ada jumlahnya cukup banyak sehingga memungkinkan penyerbukan sempurna yang terjadi pada perlakuan penyerbukan secara alami (kontrol).

Pada perlakuan kontrol, C, dan D, kualitas buah terbanyak adalah kualitas super, diikuti oleh kualitas A dan B. Pada ketiga perlakuan ini tidak ditemukan buah dengan kualitas C. Sebaliknya pada perlakuan B, persentase kualitas super paling rendah dan persentase kelas C paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penyerbukan secara alami maupun penyerbukan buatan semuanya mampu meningkatkan kualitas buah naga.



## KESIMPULAN DAN SARAN

Teknik penyerbukan yang berbeda pada tanaman buah naga menghasilkan kelas buah yang berbeda. Penyerbukan secara alami (kontrol) pada tanaman buah naga menghasilkan persentase buah kelas super paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, meskipun persentase jadi buah paling kecil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada saudara Riki Kardoni dan Mujiman atas bantuannya selama penelitian berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Adnan, L, Osman, A & Abdul Hamid, A 2011, 'Antioxidant activity of different extracts of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed', *Int. J. Food Prop.*, vol. 14, pp. 1171–1181.
2. Almeida, O, Cata-Sanchez, J & Paolia, A 2013, 'The systematic significance of floral morphology, nectaries, and nectar concentration in epiphytic cacti of tribes *Hylocereus* and *Rhipsalideae* (Cactaceae)', *Plant.Ecol.Evol.Syst.*, vol. 15, pp. 255–268.
3. Anonymous 2014, *Budidaya buah naga di Kabupaten Kutai Kartanegara*, <<http://dispertan.kaltimprov.go.id/artikel-139-budidaya-buah-naga-kabupaten-kutai-kertanegara.html>>.
4. Banuet, A, Gally, R, Arizmendi, M & Casas, A 2007, 'Pollination biology of hemiepiphytic Cactur *Hylocereus undatus* in the Tehuacan Valley, Mexico', *J. Arid Environ.*, vol. 68, no. 1, pp. 1–8.
5. Le Bellec, F, Vaillant, F & Imbert, E 2006, 'Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit, a market with a future', *Fruit*, no. 61, pp. 237–250.
6. Castellar, M, Obon, J & Fernandez-Lopez, J 2006, 'The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from optina stricta fruits', *J.Sci. Food Agric.*, vol. 86, pp. 122–128.
7. Choo, W & Yong, W 2011, 'Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits', *Adv.Appl.Sci.Res.*, vol. 2, pp. 418–425.
8. Dinh Ha, T & Chung-Ruey, Y 2014, 'Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus* spp.)', *Int. J. of Boilological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 190–194.
9. Garcia, J & Chance, E 2008, 'Physical and physiological changes in low-temperature-stored pitaya fruit (*Hylocereus* spp.)', *J. of Professional Association for Cactus Development*, pp. 108–119.
10. Gillasp, G, Ben-David, H, & Gruissem, W 1993, 'Fruits: A developmental perspective', *The Plant Cell*, vol. 5, pp. 1439–1451.
11. Grimaldo, J, Terrazas, T, Garcia, V & Cruz, M 2007, 'Morphometric analysis of 21 pitahaya (*Hylocereus undatus*) genotypes', *J. of Professional Association for Cactus Development*, vol. 9, pp. 99–117.
12. Islam, M, Khan, M, Hoque, M & Rahman, M 2012, 'Studies on the processing and preservation of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) Jelly', *The Agriculturists*, vol. 10, no. 2, pp. 29–35.
13. Kishore, K 2016, 'Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale', *Sci. Horticulturae*, vol. 213, pp. 294–302.
14. Le Bellec, F, Vaillant, F & Imbert, E 2006, 'Pitahaya (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-Scale', *Sci Horticulturae*, vol. 213, pp. 294–302.
15. Lichtenzvie, J, Abbo, S, Nerd, A, Tel-Zur, N & Mizrahi, Y 2000, 'Cytology and Mating System in t *Hylocereus* and *Selenicereushe* climbing Cacti', *Am. J. Bot.*, vol. 87, no. 7, pp. 1058–1065.
16. Lim, H, Tan, C, Bakar, J & Ng, S 2012, 'Effects of different wall materials on the physicochemical properties and oxidative stability of spray-dried microencapsulated red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed oil', *Food Bioprocess Technol.*, vol. 5, pp. 1220–1227.
17. Merten, S 2003, 'A review of *Hylocereus* production in the United States', *J. of Professional Association for Cactus Development*, vol. 5, pp. 98–105.
18. Mizrahi, Y, Nerd, A & Nobel, P 1997, 'Cacti as Crops', *Hortic. Rev.*, vol. 18, pp. 291–320.
19. Nerd, A & Mizrahi, Y 1997, 'Reproductive biology of cactus fruit crops', *Hortic. Rev.*, vol. 18, pp. 321–346.
20. Ortiz-Hernandez, Y & Carrilo-Salazar, J 2012, 'Pitahay *Hylocereus* spp.', *Communicata Scientiae*, vol. 3, pp. 220–237.
21. Pusphakumara, D, Gunasena, H & Kariyawasam, M 2006, 'Flowering and fruiting phenology, pollination agents and breeding system in *Hylocereus* spp. (dragon fruit)', in *Proceedings of the Peradeniya University Research Sessions*, p. 15.
22. Tel-Zur, N, Abbo, S, Bar-Zvi, D & Mizrahi, Y 2004, 'Genetic Relationships among *Hylocereus* and *selenicereus* vine cacti (Cactaceae): Evidence from hybridization and cytological studies', *Ann. Bot.*, no. 94, pp. 537–534.
23. Tel-Zur, N, Mizrahi, Y, Cisneros, A, Mouyal, J, Schneider, B & Doyle, J 2011, 'Phenotypic and Genomic Caharacterization of a Vine Cactus Collection (Cactaceae)', *Genet. Resour. Crop Evol.*, vol. 58, pp. 1075–1085.
24. Weiss, J, Nerd, A & Mizrahi, Y 1994, 'Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with crop fruit potential', *Hort. Sci.*, no. 29, pp. 1487–1492.
25. Wybraniec, S, Nowak-Wydra, B, Mitka, K, Kowalski, P & Mizrahi, Y 2007, 'Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species', *Phytochemistry*, vol. 68, pp. 251–259.

26. Yusof, Y, Mohd Salleh, F, Chin, N & Talib, R 2012, 'The drying and tableting of pitaya powder', *J. Food Process Eng.*, vol. 35, no. 5, pp. 763–771.
27. Zhuang, Y, Zhang, Y & Sun, L 2012, 'Characteristics of fibrerich powder and antioxidant-activity of pitaya (*Hylocereus undatus*) peels', *Int. J. Food. Sci. Technol*, vol. 47, pp. 1279–1285.